

U655-54
9600072

交通部水运工程科技情报网

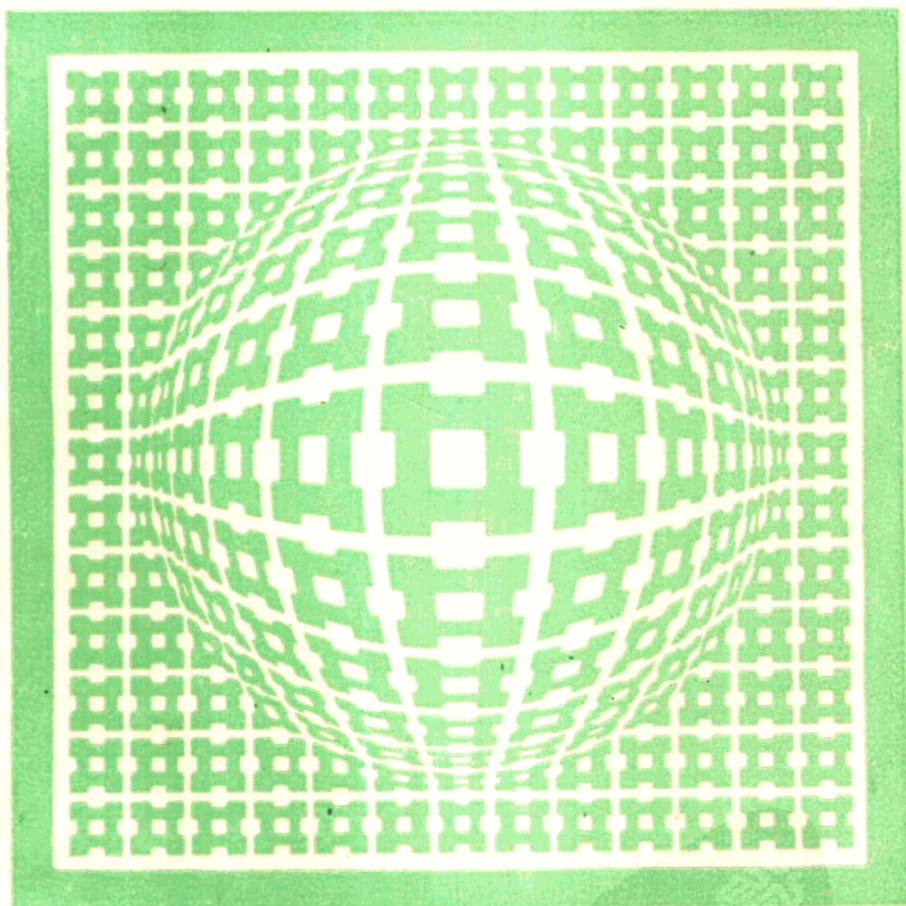


WATERWAY & HARBOUR
ENGINEERING
INFORMATION SERVICE

总—16—地—3

.1986年8月

《港口桩基工程沉降负摩擦及软 基加固技术经验交流会》论文集



交通部水运工程科技情报网地基基础分网

交通部第三航务工程勘察设计院



9600072

U655.54

前 言

一、由水运工程情报网地基基础分网和交通部第三航务工程勘察设计院，于1985年11月18日—12月2日在上海联合召开了“港口桩基工程沉降、负摩擦及软基加固技术经验交流会”。出席会议的有全国70多个单位，120余名代表、近30位具有高级职称的专家也出席了会议。大会共收到论文约30篇。根据会议决定，出版这次会议的论文集。

二、由我网组成的编辑组，负责本论文集的编辑工作。编辑组由杨富春、瞿林初，李学碧组成。由杨富春担任组长、李学碧任责任编辑。

三、由于本文集篇幅限制，编辑组根据每篇文章的具体情况，分别采取了全文录用，部分摘编、刊登提要（指已在刊物上发表过的一些论文）等不同方式。编辑中：

（一）所有摘编论文所保留的插图及表格均沿用原著的编号，以便读者与原文相对照。

（二）所有参考文献均略去。

四、在编辑过程中，我们希望尽量忠于原著精神，但由于编辑人员水平有限，不妥之处、请提宝贵意见。

交通部水运工程情报网

地基基础分网

1986年3月

U655.54

9600072

《港口桩基工程沉降、负摩擦及软基加固技术交流会》论文集

目 录

①会议纪要:	
②软土地基高桩码头损坏原因的初步分析	杨富春
③上海港宝山装卸区码头工程软基加固设计简介	莫景逸
④上海港十四区水工建筑物设计资料汇编	高其敏
⑤上海地区码头调查报告	沈彬源
⑥上海港部份码头沉降观测报告	陆定兴
⑦单桩轴向刚度分析中土参数确定。	陈竹昌、 郑大同
⑧抗拔桩基的破坏机理和承载力的研究	杨克己等
⑨对上港十四区码头方案的浅见	陈 环
⑩受推力作用长桩的非线性分析以及短桩和中长桩问题	
(综合刚度原理下的双参数法)	吴恒立
⑪上港十四区拟建码头桩基负摩擦的分析和建议	麦远俭
⑫上港十四区码头试桩阶段小结	秦玉琪
⑬用压桩、拔桩试验予估负摩擦的探讨	刘剑毓等
⑭软土中树根桩试验研究	同济大学等单位
⑮天津新港第四港池集装箱码头桩基变形的初步分析	韩金国, 郭莲清
⑯粘土中侧向受力抗震设计	陈竹昌
⑰上海某高桩码头的机理分析	朱俊成
⑱平底大头桩的模型试验研究	同济大学等单位
⑲建筑物沉降问题	范桂文
⑳强夯后地基的沉降计算方法	尚世佐、马弗云
㉑桩的负摩擦阻力计算方法的研究	陈进才
㉒爆破法加固地基	洪武铮编译
㉓码头发生较大位移后其承载能力重新确立	蒋宗燕
㉔用应力途径控制法提高上海港的地基承载力	高宏兴、洪武铮
㉕秦皇岛港煤三期工程堆场模拟堆载试验总结	李双来
㉖原状粘土中模型桩水平震动试验研究	李冈田、罗 征
㉗关于大井集装箱码头的建设	杨荣祥译 李学碧校
㉘桩的负摩擦力的影响	毛源发评

“港口桩基工程沉降、负摩擦及软基加固技术经验交流会”会议纪要

在交通部领导下,在水运工程科技情报网的指导下,在各兄弟单位的大力支持下,交通部第三航务工程勘察设计院和水运工程科技情报网地基基础分网于1985年11月28日至12月2日在上海华山饭店联合主持召开了“交通部港口桩基工程沉降、负摩擦及软基加固技术经验交流会”。出席会议的代表共124人,来自交通部领导部门,各港务局及科研、设计、施工、大专院校、工厂等70多个单位[详见附件(略)]。他们当中有具有地基工程丰富经验,具有高级技术职称的老教授、老专家28名,还有战斗在第一线的中青年技术骨干,人才济济,可谓港口工程界地基专业的一次盛会。大会共收到论文30余篇,在会上宣读了17篇。会议结束后,三航院和地基网拟将这些论文编辑成论文集出版,发送各位代表和有关单位。

根据交通部(84)交基字1722号文件的精神,这次会议的中心议题是讨论研究上海港十四区在大面积填土后,地基如何加固的问题。通过情况介绍,现场参观,分组讨论,与会代表和专家对桩基工程的沉降、负摩擦及软基加固问题,本着认真负责,一丝不苟的精神,各抒己见,畅所欲言,气氛十分热烈,大家一致认为,召开这次会议是很必要的,并结合上港十四区的实际情况,提出了许多有益的、合理的建议和行之有效的办法,归纳如下:(各组组长在大会上的发言,详见附件二)。

一、与会代表一致认为,针对上海港十四区软土层厚及大面积填土的具体情况,以及上海港以往高桩码头损坏的经验教训,上港十四区进行试桩软基加固试验是很必要的,这一试验不仅有利于解决上港十四区的软基加固问题,而且为今后上海新港区的建设积累了宝贵的资料。到会代表一致呼吁,希望今后能加强地基加固的科研试验工作。

二、与会大多数代表认为,上港十四区在大面积填土的情况下,在码头后方进行地基加固,事前消除大部分沉降,减少负摩擦力是可行的,这一设计思想是可取的。许多代表建议砂井加固带可略向前移,以减少平台及挡土墙部分的差异沉降和负摩擦力。这一意见很好,我们将认真予以研究。但是,限于目前各项加固试验正在进行,试验结果尚未拿出。因此,代表们对有关砂井加固的方法和参数无法提出意见,待试验报告提出后,我们将根据专家们的意见,进行技术经济比较,提出合理的加固方案,上报有关部门。

三、为提高软土地基上高桩码头设计水平,许多专家还提出了不少好的意见,如加宽砂井加固带,以缩窄码头宽度;部分代表认为,不打砂井,进行堆载预压的方法也是可行的;有些代表对上海地区是否存在负摩擦有疑问,建议进一步做一些科研工作等等。对各位专家的宝贵意见,我们将认真整理消化,在今后工作中予以考虑。

四、科学技术应有效地为经济建设服务,而经济建设又离不开先进的科学技术,各位专家、代表们带来的地基加固方面的先进科学技术,无疑将在上港十四区的建设中开花结果。这次会议有设计和情报两家联合召开,既可借助于技术情报网进行技术攻关,又能使情报工作具体、生动、活泼,面向科研,面向生产,紧紧围绕国民经济建设和科学技术发展的需要,广辟情报来源,使技术情报工作更好地为经济建设服务。这种科学技术与经济建设、技

术情报与重大工程项目的咨询相结合的尝试,受到了与会代表的重视和兴趣,认为这种新的形式符合当前改革的形势,应予以肯定和推广,并建议向有关领导部门作出报告。

经验交流会结束后,地基基础分网接着于12月2日下午召开了1985的工作年会,全分网共56个成员单位,52个单位出席,年会总结了分网一年的工作,提出了明年的工作打算,分网成员认为,分网网长单位——交通部第三航务工程勘察设计院的工作是积极努力的,分网成员之间能相互尊重、谅解,团结协作,地基分网的活动能结合生产实践,受到了科研、设计、施工、建设单位的欢迎,这种活动形式是卓有成效的。分网成员单位一致同意,结合上海和浙江沿海港口码头出现的滑坡问题于1986年10月在浙江临海召开岸坡稳定经验交流会。工作年会同意接受上海航道局设计研究所、山东工业大学水利系,福建省港航管理局,丹东五龙背科研仪器厂,南京塑料研制厂为本网成员单位。

代表们认为,这次会议时间短,资料详细,中心突出,开得很有成效,很有收获,达到了预期的目的。交通部第三航务工程勘察设计院和水运工程科技情报网地基基础分网,对各位代表为会议作出的贡献和大力支持,对水运工程科技情报网对会议的指导,对交通部领导部门对会议的领导,表示衷心的感谢。

交通部第三航务工程勘察设计院

交通部水运工程科技情报网地基基础分网

1985年12月2日于上海

附件二:

各讨论组组长在全体会议上的发言提纲

第一讨论组发言提纲:

重庆交通学院

周存鑫

我代表第一小组全体同志向大会汇报我们小组的讨论情况,

在汇报前,我首先代表全组同志向三航院领导,地基分网负责同志以及会务组的全体工作人员为开好这次技术经验交流会所付出的辛勤劳动和对与会代表的热情接待表示感谢。三航院、三航局科研所,为开好这次会曾对上海地区码头破坏情况作了大量的调查研究和必要的现场试验,并对资料进行了科学的分析整理,为大会提供了很好的技术文件和宝贵的原始资料,这对开好会议起了保证作用,特别是三航院杨总工程师关于软土地基高桩码头损坏原因分析的系统报告给大家很大启发,对指导今后码头的设计与建设也将有很大帮助。

同志们在分组讨论时对上港十四区软基处理和负摩擦问题进行了认真地、热烈地讨论,做到了各抒己见,畅所欲言。现在我就把一些主要的观点、意见和建议简单地汇报如下:

1.多数同志在发言中认为:为了减少码头的不均匀沉降,防止结构损坏,最好采用长桩,将桩打到较好的持力层,并认为在堆场前方地带采用沙井预压方案使堆场大部分沉降在施工期出现,这是一个很好的设想和可行方法,但是由于设计方案中,预压带距后平台的基桩较远,对减少或消除桩的负摩擦力可能效果不大。因为预压荷载不是直接作用在平台地区的地面上而是从较远(10几米以外)的地面传来应力不会很大,特别在较短的时间内靠这种应

力使平台使平台处—21m以下土层发生较大的压缩,效果可能是不大的。但这部分土层在码头使用后将会继续发生沉降,只要它大于桩的沉降,2~3公分就会产生较大的负摩擦力。因此很多同志建议为减小或消除负摩擦最好将预压带向码头平移10~15m,以便平台下的地面能早期出现大于桩的沉降,这不仅减少了桩的负摩擦而且将减小挡土墙的沉降,增强岸坡稳定。同志们还建议最好对—21m以下土层作一渗透性试验。

2.有同志提出为了减小负摩擦,可加设套管或在桩的上部涂沥青材料,但考虑到涂沥青对支承桩,虽然有效。但十四区却是摩擦桩,涂沥青后虽然减小了负摩擦,但同时也损失了正摩擦。因此应慎重,若能采用大直径管桩,桩尖支承载力占总承载力的百分比较大时,也可考虑采用涂青的办法。

3.有同志提出应采取措施,使码头的后平台部分与后方分隔开,使堆场荷载产生的应力不致传到平台部分,具体办法可考虑板桩墙,地下连续墙或在挡土墙一带多设几排隔沙井,以增强隔离效果,并认为设板桩墙或在挡土墙一带多设几排沙井,以增强隔离效果,并认为设板桩墙还可减少码头宽度,节省的造价可抵销一部分板桩的费用。但也有不少同志认为,若采用板桩墙方案隔断后方传来的应力,虽可消除平台基桩上的负摩擦,但板桩本身仍将受很大的负摩擦力并产生较大下沉。同时由于地基比较软弱,板桩入土必须很深,地面以上长度又很大,板桩所受弯矩一定不小,这是否经济,值得考虑,若想将板桩前移,以减小码头宽度,势必会降低码头的整体稳定性,需要认真对待。

4.有不少同志认为强夯仅对表层土(一般不超过8~10m)有良好效果,对深层土效果不大,而十四区表层土较好而—8—20m却有一较厚的软土层。因此大家认为,在这里强夯的效果可能不如沙井加预压,究竟那个方案最好,待试验结束后作定论。

5.会上有同志认为引起上海港高桩码头破坏的原因很多,负摩擦可能是原因之一,但码头不均匀沉降,水平位移也是不能忽视的原因,从不少桩临水面发生断裂来分析,可能后者还是相当重要的原因。

6.还有同志认为,负摩擦并不可怕,不要把负摩擦看得太严重,把它当作包袱背起来,应当说负摩擦是有的,负摩擦很大时可能使桩尖发生下沉,但桩下沉就会减小或消除负摩擦。因此,建议设计者除考虑负摩擦的存在适当加大安全系数外,还应注意减少不均匀沉降,这可在结构上采取适当措施。如将长桩打入持力层。桩顶作成铰接等以减少码头结构可能产生的损坏。

7.鉴于我国桩基规范对负摩擦的计算无具体规定,建议三航院的设计同志参照其他国家的有关规定计算一下负摩擦力的大小,作为选取安全系数的参考。

8.希望三航局科研所和有关单位配合在现有的实际工程中选1~2根桩作负摩擦的原型观测(或其它项目的观测)供今后设计同类建筑物时参考,也为今后修订桩基规范时,提出负摩擦力计算方法找到较为可靠的科学依据。

以下意见仅供三航院同志参考,谢谢大家。

第二讨论组发言提纲

一航局科研所 刘翼雄

一、三航院为会议作了充分的准备,提出系统的观测分析资料,经验是宝贵,与会代表学习到很多东西,代表们对三航院、三航局表示感谢。

二、岸坡加固问题;

1.大家都认为加固岸坡是必要的。好处有二:

(1)减少沉降; (2)减轻水平位移

2.加固方法以砂井堆载最有把握。

砂井真空予压的效果也比较好。

砂井深度适当(加固不必太深)

(25m以下沉降占多少)不打砂井的予压也可试试。

3.加固期的范围、位置:可略向前移。

4.袋砂井强夯法

(1)效果可能不理想;有砂井好点

(2)深层可能没有效果,特别是含薄砂层少的粘土层效果更差。

三、堆场加固问题:

(1)必要性不及岸坡

(2)加固可以一劳永逸,可作正式地坪,但投资较大。

(3)不加固也未尝不可,但要不断整修,对正常作业有一定影响。

四、负摩擦问题:

1.负摩擦来源大致有三:(1)大面积填土的附加荷重引起的土层压缩;(2)土层本身欠压密;(3)地区性面沉降。

2.有些同志认为,产生负摩擦的原因,目前资料说明得还不够清楚。

平台下是个开挖的斜坡,卸去的土自重较大,后方填土传来的附加应力小于卸去的土重,未固结的应力也很可能小于卸去的土重。地区性沉降目前已基本控制,未必会产生有影响的沉降。

负摩擦能否影到挡土墙以前30m范围,值得怀疑。

有人认为土层是正常压密的,而不是欠压密土,希望对负摩擦问题进行较细致的研究,开展试验观测工作。

有人提,结合目前布置的现场试验进行摩擦桩试验,有的涂沥青,有的不涂。

也有人提出进行室内小模型试验。结合正式施工工程,贴应变片进行观测。

3.有同志认为上海一般采取打桩后,许多码头没有出现什么损坏问题;岸坡并没有加固,负摩擦的影响似乎不明显。

五、水平位移、水平力作用也不可忽视:

有的同志认为,差异沉降,负摩擦的破坏作用固然应当重视,但水平位移,水平推力也应予重视,由于水平力引起破坏的例子也不少,如天津新港、湛江和上海本地区都有实例。

有人认为湛江的V字形裂缝就是水平位移和负摩擦的综合作用的结果,湛江坡面抛石造成了有害的水平推力,有时水平位移的坏作用比负摩擦的更大。

六、几点建议:

(一)结构形式

1.改用钢管桩岸壁(带锚或无锚)并要有足够的埋入深度。

2.承台宽度可减小,如缩至40m

3.对负摩擦作量的分析,并根据试桩结果,对桩作进一步的论证。

4.后排桩做成真正的绞接

5:全叉桩好

(二)加强试验研究工作

目前上海港口码头建设中尚有不少问题值得深入研究:

如沉降问题、负摩擦问题、土层的压密程度问题、土层的K和固结系数(是否要人工排水通道),地区性沉降的影响、水平位移的观测手段等。

这不仅是对十四区有利。意义更深远,对今后的建港可能产生巨大的经济效益,希望能引起各方面的高度重视,创造必要的条件进行深入的研究。

第三讨论组发言提纲 四航院 钱兆钧

各位领导、各位专家和代表:

我代表第三小组就上海港十四装卸区码头工程有关问题的讨论向大会汇报。

首先让我代表小组对三航院为这次会议作了大量工作并提供了许多宝贵资料给了我们一次很好的学习机会表示感谢,与会代表就有关问题进行了热烈讨论,各抒己见。现将主要意见汇报如下。因为发言来不及再征求小组同志意见了,遗漏和不当之处请小组同志们补充和更正。

1.代表们一致认为这个会议开得好,很有必要。这次会议不仅对上海港的码头设计有直接意义,会议讨论的问题对其它地区类似的建港工程也有参考意义。

2.代表们大部分认为上港十四区的软基研究试验是很有意义的。特别是长江边和黄浦江内不一样,前期多作些研究工作,即使目前多花些钱,以后在实际工程中可能会节省更多的投资,多作些研究试验,不仅对十四区的软基处理,而且对整个上海港今后的软基加固将会提供有益的经验。

3.代表们认为在十四区这样的情况下建码头,后方大面积填土对前方的桩基肯定有影响,尤其是对码头后平台部分的几排桩,负摩擦肯定存在,其量值可能也是可观的,通过对驳岸及其附近部分进行打砂桩予压加固肯定有效果。但该处软土很厚,不可能完全消除沉降,作了砂井予压加固,负摩擦仍然存在。

4.一些代表认为这次试验砂井打穿了软土层,长达25m是比较合适的。但过去天津新港用砂井长仅十几米,使用长砂井予压对深层效果如何有待试验。特别对深层软土应加强观测,并认为加固范围应前移,主要应加固平台及挡土墙护岸段。该段沉陷能早完成,不仅能减少土体沉陷对桩的影响,由于砂井予压加固了岸坡,相应的也可以考虑减窄码头宽度。

5.代表们一致认为,要避免由于桩基沉降和负摩擦对结构的危害,首先应从结构上采取措施。桩应尽可能打入硬土层,结构型式应能适应变形,码头设计中桩力计算应考虑负摩擦的作用,必要时提出一些减少负摩擦的措施,如桩上涂沥青等,至于一般房屋建筑可不考虑。

6.部分代表也提出了码头采用板桩方案和驳岸采用板桩的想法,板桩方案码头可用钢管桩等,驳岸采用后板桩可将后方填土和码头隔离,起到保护码头基桩的作用。并减少码头宽度,这样的方案可和宽码头加砂井予压加固进行经济比较,板桩驳岸作法可以从公平路码头和华顺码头吸取经验教训,板桩尽可能打入较好土层,才能取得较好的效果,否则大面积填土会把板桩带下去。

7.大家认为上海码头多年沉降未能稳定,引起结构破坏这是事实,但损坏的主要是斜拉桩和桩基桩尖标高不一致的结构。近期,新建码头基本上是成功的。现有码头方案中的

前沿第二排打后倾斜桩应避免采用,大家认为码头平台的基桩破坏除了负摩擦的影响外,同时也受码头位移、岸坡侧向变形的影响,有的代表认为上海港已建造了大量码头,其中有许多成功的经验,可以在总结过去成功的经验的基础上,在工期、造价和使用效果上作总的评价和优选,提出更合适的方案。

8.有些代表认为日本专家小林正树和同济大学提出的有无砂井一、二年之后其效果是差不多的意见是对的,提早进行回填,形成陆域,也就起了部分压载作用,这样地基也就不考虑另外处理的方案了。

9.对堆场的处理大家认为重要的基础应该处理,一般场地应选用可调整的块料面层(预制砼方块等)以适应沉降来解决,也不一定要加固,待沉降一定程度基本稳定了再行改建,不宜直接上刚性面层。

10.对这次具体试验,代表们认为压载加隔离砂井,现用袋装砂井直径小,间距大,可能那些砂井起不到隔离作用,而强夯因影响深度有限,本区上层土层又较好。这样的试验意义又不大,对试桩来说,三航院和三航局作了很大的努力,得出了宝贵的资料很好,最好能增加桩的负摩擦试验,为今后工程建设提供数据,如目前作有困难建议考虑在正式工程桩中的进行试验。

第四讨论组的汇报摘要 华 水 杨克已

我代表第四讨论组对三航院及地基分网为这次会议周密的准备和热情的接待表示感谢,三航院所搜集和总结的上海地区高桩码头的宝贵资料,不但对上港十四区的建设起促进作用,对今后全国高桩码头的建设也提供了有益的经验,一致认为十四区所作的软基加固及试桩的试验是完全必要的。但讨论中也提出了以下几点主要的、粗浅意见汇报如下,可能挂一漏万,有不对之处,望批评指正。

(一)关于地基加固方面的问题:

砂井压载加固效果是好的,是有把握的,隔离砂井加压载是经济的,但效果怎样尚待试验验证,强夯方案可能作用不大,不宜采用,加固深度宜到 -20 以下。因为 $-20 \sim -8$ 这层土较差,又是圆弧滑动最危险的滑动面, -8 以上夹有水平薄砂层不加固只压载可以,关于加固宽度,普遍认为过窄,对减少平台桩基负摩擦的作用可能不大,建议加宽到后方平台第三排桩附近。

(二)关于桩基负摩擦和叉桩裂缝问题:

关于上海地区高桩码头桩基的负摩擦问题有两种意见,一种意见认为从张华浜三、四泊位的破坏来看,经桩尖实测有30多吨的下曳力,所以负摩擦是存在的,这与低桩基础不同,因为负摩擦与低桩基础有桩间土的作用和桩后期承载力的提高问题混在一起,说不清楚。十四区码头的桩基负摩擦问题必须引起重视,但两个泊位情况有所不同,集装箱码头因为桩尖到了粉砂层,软土层很厚,设计中应考虑负摩擦的影响,而件杂货码头因为桩尖还在亚粘土层,桩尖易刺入,负摩擦的影响就小得多。另一种意见认为负摩擦的影响可不考虑,张华浜三、四泊位的桩基破坏不是负摩擦引起的,而是不均匀沉降引起的。因为七泊位桩打到同一标高,取消向岸的拉桩后,问题就解决了。若十四区桩按负摩擦来设计,那么承载力都不够了,没有办法设计。国内也没有一个规范可循,广东和天津地区的码头没有多大负摩擦,但有水平位移,码头后排桩及叉桩也裂了。所以上海地区的码头,水平位移的影响也不能忽视。

(三)关于结构问题:

集装箱码头建议取消中间纵向斜桩,而两端及风暴系船柱所在排架的纵向斜桩仍然保留,码头前边的半叉桩改为双直桩,关于桩长问题,现试桩结果承载力较高,可否减短应慎重研究,因为现有用发兰盘接桩造价高,工时长(约1.5时接一个)可否结合预制厂和设备的改造进行整体预制,不接桩。现有码头55米太宽,可否作一后方平台为有锚板桩方案(包括大管桩板桩墙)进行比较,以缩短码头宽度。挡土墙的基础建议进行处理,打石灰桩或打铅灌注桩加以处理。

软土地基高桩码头损坏原因的初步分析

三航院 杨富春

一、前言:

为适应我国四化建设的飞速发展,港口建设任务日益繁重。我国沿海有大片的软土地区,在这样的地质条件下,高桩码头结构型式有很大的优越性,所以,建国卅多年来,沿海地区建造了大量的高桩码头,它已成为我国码头结构中的一种主要型式。

但是,限于以往对软土工程性质以及软土——结构之间彼此影响认识不足,以致多年来高桩码头不断产生沉降和损坏。类似情况在天津、上海、湛江等地都有发生,最严重的是上海港张华浜三、四泊位等,60年代初发现码头内斜桩大部断裂,平台及码头直桩开裂严重,码头产生了很大的差异沉降,成为港口工程建设中少见的事故。

由于这些码头的损坏,不仅影响港区的正常作业,耗费了大量的经费进行维修,而且严重的降低了建筑物的寿命,对国家造成了巨大的损失。更为严重的是,类似事故在全国各地仍在不断发生,就是在60年代经过加固的张华浜三、四泊位,最近检查发现,损坏仍有发展,已经威胁到能否继续安全使用了。

鉴于上述情况,有必要对软土地基高桩码头的损坏进一步分析原因,总结经验教训,探索在差异沉降条件下,码头结构与土壤共同工作的特征,以及彼此影响情况。从而对软土地基高桩码头建设,初步提出一些建议。这就是本文的目的。

由于软土地分布很广,本文的讨论以上海地区为主,适当涉及到其他地区。

可能引起高桩码头损坏的原因很多,如岸坡滑动,构件腐蚀,使用不当等等。我们在本文中,仅讨论在大面积荷载和填土情况下,码头的沉降和损坏。

为进一步了解上海有关码头的沉降及损坏情况,最近我院组织力量重新进行了调查和测量,详细情况,请见有关专题报告。由于时间限制,最新测量和调查资料,尚未全部纳入本报告,所以,本报告所引用的资料大部分是过去的资料。

限于著者水平限制,谬误之处,敬请指正。

二、一些码头沉降及损坏的资料:

(一)概述:

1. 上海地区的工程地质特征:

上海位于长江三角洲的前缘,基岩埋藏于200—300米以下。上海地区的地层,大致分为五个承压水砂层和三个可压缩粘土层,相互交错而成,各个局部地区稍有不同。上海地基为冲积沉积物,土质松软,地面下80M深范围内特别上面30—50M的土质,与港口建筑物的建设有密切关系。如图5所示的“张华浜码头沿岸坡线地质纵剖面图”也是上海的典型地层。表3为相应的指标。一般表层有2—4米厚的褐黄色可塑的亚粘土层。往下土质逐渐变软为

灰色淤泥质夹薄砂层的粘土和亚粘土,厚度有十多米,最大可达20M左右,这是上海最差的土层,这对岸坡稳定和沉降都有较大的影响。再下边一般为很厚的灰色亚粘土层,属中等压缩可塑状态。这一层在有的地区一直达到50—60M深的砂层(如上港十四区)。有的则在中间约-20~-30M处夹有一层暗绿色坚硬的亚粘土层,厚度一般有3—5M,可作为桩基的持力层(如上港九区)。这些土层的地质特征,对于高桩码头的设计有着密切关系。

2. 高桩码头结构型式的演变及特征:

在我国,上海地区高桩码头的数量最多。自20世纪初开始,上海港高桩码头多采取具有后板桩的木桩钢筋混凝土框架型式。如高阳路码头(图1),也有码头后沿采用带基桩的挡土墙结构型式。直到1958年建造的华顺码头(图2),虽然,桩基改为钢筋混凝土管桩,框架改为预制,但仍沿用了过去的结构型式。这种结构的特征是上部结构的刚度好,桩较短,桩与上部结构连接点较弱,如桩承受拉力时,桩可自结点拉出,而不致严重危及框架及基桩结构。1958年以后,宽平台的板梁式码头得到推广应用,如张华浜三、四泊位(图4),这种结构的特点是采用了予应力混凝土长桩,大幅度提高了桩的承载力,桩与横梁的连接结点较强,如桩承受较大的拉力,容易将桩拉断,而在横梁中也产生有较大的应力。近年采用的予制横梁现浇桩帽的结构型式,其特征为桩与桩帽连接较桩帽与横梁连接强,一旦基桩受拉,则首先反应在桩帽张咀和桩帽破坏。

3. 设计指导思想演变:

长期以来,高桩码头基桩的设计指导思想,主要是以承载力控制,即在确定桩长时,仅考虑满足的承载力要求,在这样思想指导下,设计桩长多为码头前沿桩长,而随着泥面的升高,码头后沿则桩较短,这种设计思想解放前就存在,而延续到60年代(图2;图4)。上述设计思想到60年代被动摇了,这首先是由张华浜三、四泊位产生了严重的差异沉降和斜桩大量被拉断,引起了人们对传统设计思想的怀疑。随之在上海港对各种码头的普查发现,许多码头都有很大的沉降,而且不少码头受到损坏,这时人们开始认识到,对高桩码头仅考虑桩的承载力是不够的,而且应当考虑码头桩基的变形。当时根据总结的经验和破损现象,采取了一些措施。例如,强调了取消向岸斜桩桩长选取不应差别过大,尽可能采取同样桩长等,这些都是较为成功的。这种设计思想上的转变,应当承认是前进了一大步。但是限于当时掌握的资料有限,以及认识水平,对产生上述问题的机理,尚处于感性认识阶段,因而有些措施往往是被动的,有时,甚至是无效的。面临港口建设大发展的局面,我们有可能遇到更复杂的情况,这就要求我们进一步总结经验,提高认识水平,端正设计指导思想,作出更多的设计。

(二) 码头沉降及损坏的资料

1. 上海港高阳路码头

(1) 基本情况

该码头位于上海港黄浦江西岸属上海港第五装卸区的杂货码头,全长796M,共有五个泊位,以下着重介绍1—2泊位情况,码头设计水深-8.84M,实际水深-9.32M,可停靠万吨级船舶。原设计码头面高程+5.03M,码头宽18.3M,码头结构为圆木桩支承的钢筋混凝土框架结构。码头结构及地质情况详见图1。码头采用100呎长圆木桩,木桩直径 $\phi 51\text{CM}$ (大头)- $\phi 30\text{CM}$ (小头),设计桩尖标高为-29.0H,位于灰色壤土层内。

高阳路码头建于1931—1933年。由挪威协泰行设计。本码头建造前,该区原为一引桥式

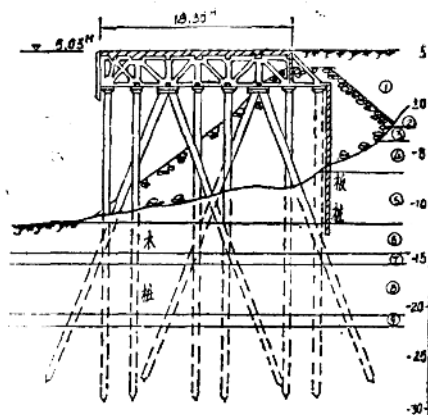


图1 南阳路码头断面图

①填土②灰色淤泥质亚粘土③灰色粘土④灰色淤泥质亚粘土⑤灰色淤泥质粘土⑥灰色粘土⑦灰色亚粘土⑧灰色粘土⑨灰色亚粘土

码头建造过程中，码头后沿100多呎范围内进行了大量填土及抛石，码头下边的岸坡全部为人工抛填。码头后沿抛填土石方高达30呎以上，岸边抛填高制达10呎以上。码头使用荷载为10T级轮船吊和5T铲车。

(2) 码头沉降及结构损坏情况：

(a) 码头沉降及差异沉降很严重，现将1966年沉降资料列于表1中。

表1

泊 位		一 泊 位	二 泊 位
项 目	实 测 标 高 (M)	3.71—3.83	3.71—4.15
	沉 降 (M)	1.32—1.20	1.32—0.88
码头前沿	实 测 标 高 (M)	3.15—3.80	3.25—3.75
	沉 降 (M)	1.88—1.23	1.80—1.28
横 向 高 差 (M)		0.56—0.03	0.48—0.40
横 向 坡 度 %		3.06—0.2	2.62—2.19
一二泊位范围内最大沉降差(M)		1.00	

自表1可以看出，一、二泊位范围内，最大横向坡度已达3%以上，不包括均匀沉降的最大沉降差已达1.0M。由于码头下沉，每年甚至冬季大汛期码头也要上水。影响了港区的装卸作业。

(b) 码头结构的损坏情况。

码头结构损坏的很严重。原结构板梁及139榀框架，有严重裂缝的，有19榀立柱，17榀斜撑，27榀框架的后沿斜撑。69年8月经潜水检查，节点脱开桩帽在3—25CM的节点有84个，占节点总数13%。其中斜拉桩部分脱出桩帽者48个，占总数的57%。此外桩头开裂者4根，断桩一根。后方陆域也有很大沉降。

该码头一泊位1970年进行加高改造，经最近测量，1972年至1985年码头前沿最大下沉了3.5~5.4CM，码头后沿最大下沉了1.8~3.8CM。根据85年测量资料(考虑1965—1972按平均速率沉降)，则最大沉降将达到2.0以上。一、二泊位间最大沉降差达到1.26M。

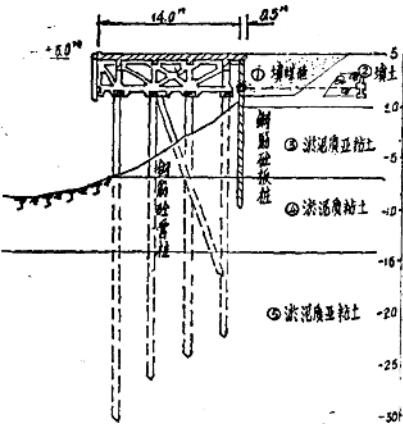


图2 华顺码头剖面图

2. 上海港华顺码头：

(1) 基本情况：

该码头位于黄浦江西岸，属上海港务局第三装卸区的客货轮码头共有二个泊位，可停泊5000 T级船舶，码头全长246M，宽14M，前沿设计水深-8.0M，码头面设计标高+5.03M，码头结构采用钢筋混凝土管桩基础，上部结构为钢筋混凝土框架。码头结构及地质情况详见图2。码头采用外径 ϕ 49CM钢筋混凝土管桩，前边桩长32.0M桩尖达-30.5M，后边桩长24.0M，桩尖达-22.50M处。码头后为单锚钢筋混凝土板结构，桩尖位于-10.0M处。

本码头地区原为浮码头。1958年改造为固定式码头。原岸边地面标高为-0.5M~+3.62M，板桩后边原泥面以下为新填土，上部回填煤渣。

由于码头沉降及损坏严重，1966年进行了加固改造。

(2) 码头沉降及损坏：

(a) 码头沉降严重，现将1965年沉降测量资料列于表2中。

表 2

部 位		上 游	中 游	下 游
项 目	实测标高 (M)	+3.74	+3.77	+3.77
	沉 降 (M)	1.26	1.23	1.23
码头后沿	实测标高 (M)	+3.67	+3.69	+3.75
	沉 降 (M)	1.33	1.31	1.25
横 向 差 (CM)		7	8	2
横 向 坡 度 %		0.48	0.52	0.14

自表 2 可见：沉降特征是差异沉降较小，而沉降的绝对值较大，由于施工时，码头面有无向江排水坡度不详。上述数值按没有排水坡进行计算。根据实测，板桩墙顶与码头后沿的沉降差，最大达 19CM，后方仓库及堆场沉降更为显著。1966 年码头面抬高之后，1985 年进行了测量，发现码头又有较大的沉降，码头前沿下沉了 15.7—17.4CM，码头后沿下沉了 6.2—12.6CM。但沉降差一般仍较小。

(b) 码头结构的损坏：

据 1961 年检查资料，吊车梁及框架均有开裂，叉桩节点损坏最严重，35 个叉桩节点中，有 22 个节点的向岸斜桩桩顶已与节点脱开 3—CM 左右，占总数的 63%。最大脱开有 10CM，节点本身有七处开裂，裂缝宽 2—5 CM，大多自向岸一侧裂起。

3. 上钢一厂水陆联运码头：

(1) 基本情况：

该码头位于黄浦江支流蕴藻浜内，建于 1960 年，码头全长 203M，宽 12.85M，设计最大船型为 2000 吨级驳船，实际停靠多为 1000 吨级以下船舶。码头面设计标高 +5.50M，码头设计水深 -3.0M。本码头为仅有直桩的高桩板梁式码头，基桩采用 50CM×50CM×2400CM 钢筋混凝土桩。桩尖标高为 -21.0M，都进入了暗绿色土层中，码头结构及地质情况详见图 3。

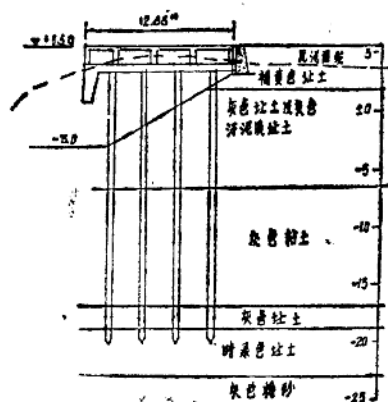


图 3

本码头采用陆上施工，施工完成后，再在码头前沿挖泥至设计水深。

码头后方原为农田，地面标高在 +4.0M 左右，驳岸挡土墙顶的设计标高亦为 +5.50M，进行了大面积回填，平均填土厚度约为 1.5M，填料中有一部分钢渣。

本工程曾于 1966 年进行临时加固，但没有解决问题，差异沉降继续发展，结构遭到更严重破坏，上钢一厂决定将码头拆除重建，目前正在施工中。

(2) 码头沉降及结构损坏情况：

码头建成投产后，管理人员逐渐发现码头沉降产生，63 年发现桩顶有裂缝，64 年发展得更严重，根据 1965 年的调查，码头沉降及结构损坏情况如下：

(a) 码头沉降及差异沉降情况：

码头顶部最大绝对沉降为 38CM，码头后沿低于码头前沿，横向差异沉降最大有 22CM，

相应码头面转角为1.72%，最小差异沉降为13.3CM，相应转角为1.04%，当时观测到的沉降速率为0.066mm/日，挡土墙与码头后沿普遍产生了差异沉降，一般为30CM，最大差异沉降达35.7CM。

码头后沿与挡土墙之间，缝隙普遍张开，上游端为8.5CM，下游端6CM，中间为1.5CM。

本码头为陆上施工，码头横梁混凝土直接浇于原土层上。检查时，发现在横梁内侧悬臂梁底部已普遍与土层脱开10CM以上，一个拳头可以伸进去。

(b) 码头结构的损坏：

根据对码头前三排桩(第四排在土中)的检查，基桩裂缝相当严重，前三排共有106根桩，其中103根桩已产生裂缝，平均每根桩上有四条裂缝，裂缝最大宽度为17mm，宽度大于1mm，占总数的44%。第四排桩基本在土中，对少数第四排桩检查发现，裂缝更为严重。

一般裂缝特点是：临水面宽，而延伸到上下游二侧裂缝大部分分布在横梁下1.5m的桩身范围内，无论从裂缝宽度，还是从裂缝长度看，外排桩要较里面二排好，第四排桩最严重。

4. 张华浜三、四泊位：

由于这一工程具有一定代表性，加之，过去作过不少科学研究工作，资料较为齐全，所以介绍的较为详细一些。

(1) 基本情况：

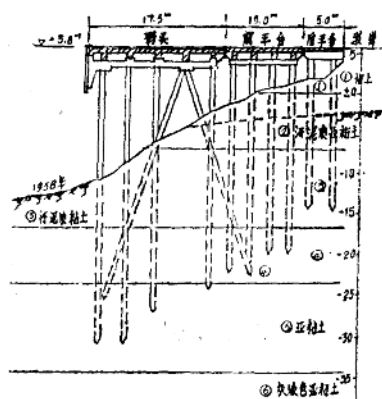


图. 张华浜三、四泊位码头断面图

本码头属上海港务局第九装卸区的件杂货码头，位于黄浦江下游，近吴淞口的浦西地区。本工程建于1958—1959年。码头全长360M，宽为32.5~35.5M，由码头前平台、后平台三部分组成。码头面标高为+5.60M，自前平台开始有1%坡度向后升高，码头设计水深为-10.0~-11.5M，可停靠万吨级船舶。码头及平台结构为钢筋混凝土高桩板梁式。详见图4。本地区地质情况详见图5及表3。

码头部分采用断面为55CM×55CM及50CM×50CM的空心予应力混凝土桩，桩长为28M—36M。前沿二根桩打入暗绿色亚粘土层，其余桩尖均位于灰色亚粘土中。前平台采用断面为50CM×50CM钢筋混凝土空心桩，桩长25—26M，桩尖约在灰色亚粘土层中。后平

表3 张华浜三、四泊位地区分层情况和各层土的物理力学指标

土层名称	颜色	层底标高 (M)	层厚 (M)	天然含水量 W (%)	容重 γ (g/cm ³)	孔隙比 e	压缩系数 α_{1-2} kg/cm ²	固结快剪		备 注
								φ (度)	C (kg/cm ²)	
人工填土	黑~黄褐色	+1.0	4							近地表为粘性土、碎砖、煤渣等物,下部是细砂、粉砂等,填土厚由四泊位南端向三泊位北端逐渐加厚。
淤泥质亚粘土	深灰色	-8.0	9	37	1.85	1.1	0.05	20	0.08	在-1~-3M有一层亚粘土夹层 $w=32, r=1.80,$ $q=0.02, \varphi=290$ $C=0.03, e=0.9$
淤泥质粘土	"	-18.0	10	49	1.75	1.3	0.08	12	0.11	在-12~-14M有一层亚粘土层, $w=45, r=1.75$ $a=0.06, \varphi=8^\circ$ $C=0.09, e=1.3$
淤泥质亚粘土	深灰色	-23.0	5	38	1.80	1.1	0.06	16	0.13	
亚粘土	"	-28.0	5	31	1.90	0.9	0.03	22	0.10	
亚粘土	灰绿色	-34.0	6	24	2.00	0.7	0.02	21	0.19	
亚砂土	灰色							26	0.03	
淤泥质亚粘土	青灰色			39	1.80	1.1	0.04	13	0.18	

台采用断面为40CM×40CM钢筋混凝土桩,桩长20M,桩尖位于软粘土中。

张华浜地区的形成,详细情况已无从查证。但根据各方面的资料推猜,1910年前后,原地面线大致如图4所示。该地区原属沿江浅滩,地势较低,估计在黄浦江整治过程中,开始筑堤吹填,以后又经历年填高,至58年建港前,三、四泊位后方地面标高一般在+4.0M~+5.0M之间。从老图纸看,自1919年后,岸上地形已无大的变化。本工程除三泊位下游有一段有较高的填方外,一般码头后沿均位于老驳岸附近。建港期间,港区又进行了大面积填土,填土高度在0.4—1.2M之间平均约1.0M。(包括301库要略多些)

码头施工期间,一度三台打桩机同时进行沉桩,造成了岸坡顶部产生很大的裂缝及高差,基桩位移,岸坡稳定处于危险状态。后被迫一度停工。在码头前沿抛泥压坡、岸坡上部挖泥减载及换填轻质材料,后再慢慢恢复施工。

码头建成投产后,61年检查质量时,已发现有损坏情况,到63年破坏情况比较严重,开始引起有关部门注意。进行了大规模的研究工作。研究的主要结论是:码头破坏主要是由差异沉降造成的,差异沉降内后方土层压缩量不同而引起,沉降发展已经缓和,但在设计荷载作用下,还会有相当发展